

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-164650

(P2005-164650A)

(43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 6/12

G02B 6/13

F1

G02B 6/12

G02B 6/12

N

M

テーマコード(参考)

2H047

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2003-399793 (P2003-399793)

(22) 出願日

平成15年11月28日(2003.11.28)

(71) 出願人 000002141

住友ベークライト株式会社

東京都品川区東品川2丁目5番8号

(72) 発明者

大竹 有美子

東京都品川区東品川2丁目5番8号 住友

ベークライト株式会社内

(72) 発明者

長木 浩司

東京都品川区東品川2丁目5番8号 住友

ベークライト株式会社内

(72) 発明者

森 哲也

東京都品川区東品川2丁目5番8号 住友

ベークライト株式会社内

(72) 発明者

藤原 誠

東京都品川区東品川2丁目5番8号 住友

ベークライト株式会社内

Fターム(参考) 2H047 KA04 PA02 PA22 PA28 QA05

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法および光導波路

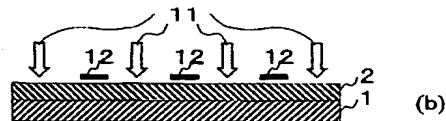
(57) 【要約】

【課題】 導波路作製プロセスの工数が少なく、生産性に優れ、かつ光損失の小さい、耐熱性を有する光導波路を提供できる光導波路の製造方法を提供する。

【解決手段】 ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を照射して光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法、あるいは、ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を所定のパターンに照射して、前記樹脂膜における樹脂構造を変化させ、前記照射部と未照射部とに屈折率の差を設けることにより光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であり、前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【選択図】 図1

ステップA



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を照射して光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であって、

前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 2】

ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を所定のパターンに照射して、前記樹脂膜における樹脂構造を変化させ、前記照射部と未照射部とに屈折率の差を設けることにより光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であって、

10

前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 3】

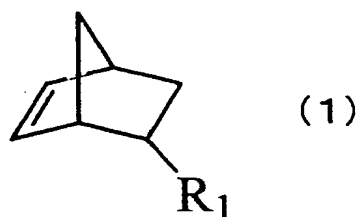
前記ノルボルネン系樹脂骨格は、実質的にノルボルナン構造が連続して重合しているものである請求項 1 または 2 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 4】

前記ノルボルネン系樹脂は、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な官能基を有する下記式 (1) で表されるモノマーを含んで重合された重合体の側鎖にノルボルナジエン誘導体を反応させて得られるものである請求項 1 ないし 3 のいずれか記載の光導波路の製造方法。

20

【化 1】



(式 (1) 中、 R_1 は、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な 1 価の官能基を示す。)

30

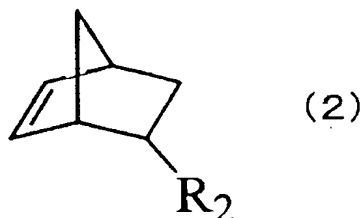
【請求項 5】

前記式 (1) で表されるモノマーは、式 (1) における R_1 として、エポキシ基またはヒドロキシル基で構成される 1 価の基を有するものであるモノマーの少なくとも 1 種である請求項 4 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 6】

前記重合体は、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な官能基を有する上記式 (1) で表されるモノマーと下記式 (2) で表されるモノマーとを重合して得られたものである請求項 4 または 5 に記載の光導波路の製造方法。

【化 2】



40

(式 (2) 中、 R_2 は、ノルボルナジエン誘導体と反応しない 1 価の官能基を示す。)

【請求項 7】

前記ノルボルネン系樹脂のガラス転移温度は、180℃以上である請求項 1 ないし 6 の

50

いずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 8】

前記ノルボルネン系樹脂の含有量は、前記樹脂組成物全体の 50～99.5 重量%である請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 9】

前記樹脂膜のガラス転移温度は、180℃以上である請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 10】

前記樹脂膜の厚さは、5～100 μm である請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

10

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の光導波路の製造方法によって得られることを特徴とする光導波路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路の製造方法および光導波路に関する。

【背景技術】

【0002】

近年急速に関心の高まりつつある光通信において、重要な光部品として光分岐結合器（光カプラ）および光合分波器等が挙げられ、これらに用いる光導波路型素子が有望視されている。

20

従来の光導波路型素子は、石英系光導波路を利用したものであるが、石英系光導波路は、石英ガラスにより形成されるため、脆く、高温プロセスや反応性イオンエッチング等の真空プロセスを必要とするため、製造コストが高くなるという欠点を有している。

【0003】

一方、石英系導波路の代替としては、ポリマー系光導波路も数多くなされている。

これまでのポリマー系光導波路において、導波路パターンのレリーフ構造を製造する方法としては、例えば、ポリイミド樹脂層の上に感光性樹脂でパターンを形成し、リアクティブイオンエッチング（RIE）法などでエッチングし、余分な感光性樹脂を剥離するという方法が挙げられる（例えば、特許文献 1 参照）。しかしながら、これらの方法は複雑な手法を用いているため、導波路作製プロセスの工数が多くなり、製造コストや歩留りに影響があった。また、ポリマー系光導波路は、ポリマーの種類により使用される光の波長の範囲によって光損失が大きい問題があった。

30

【0004】

また、RIE 法を用いない手法として、光により異性化するノルボルナジエン構造を含有するポリメチルメタクリレートなどで構成したプラスチック光導波路も提案されている（例えば、特許文献 2）。従来より、ノルボルナジエンおよびその誘導体化合物は、光の照射によりクワドリシクラン及びその誘導体化合物に変換され、この際吸収した光エネルギーは歪みエネルギーとして蓄積されることが知られている。さらに、このクワドリシクラン及びその誘導体化合物はガラス転移温度以上の加熱や触媒との接触により容易に元のノルボルナジエンおよびその誘導体に再変換され、この再変換の際に、熱エネルギーが放出される。このようなことからノルボルナジエン系化合物は光・熱エネルギーの蓄積・交換の機能を有するものとして注目されていると同時に、この光異性化反応に伴う電子密度分布の変化を利用して、光導波路材料としての応用が提案されている。しかしながら、これまで用いられてきた側鎖にノルボルナジエン構造を有する高分子化合物で形成された材料は、その構成材料の耐熱性が、100℃前後であるため、使用環境が限定されると共に、実装回路として組み込むためには、数百度のハンダ工程を通過することが必要となり、電気回路基板との融合性が悪くなるという問題があった。また、ガラス転移温度以上の加熱により、クワドリシクラン及びその誘導体化合物から容易に元のノルボルナジエンおよ

40

50

びその誘導体に再変換するため、これまで用いられてきたガラス転移温度の低い高分子化合物で形成された材料では、光導波路のパターン安定性に問題があった。

【0005】

【特許文献1】特開平05-164929号公報

【特許文献2】特開平10-148727号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、導波路作製プロセスの工数が少なく、生産性に優れ、かつ光損失の小さい、耐熱性を有する光導波路を提供できる光導波路の製造方法を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的は、下記(1)～(11)に記載の本発明により達成される。

(1) ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を照射して光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であって、

前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

(2) ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を所定のパターンに照射して、前記樹脂膜における樹脂構造を変化させ、前記照射部と未照射部とに屈折率の差を設けることにより光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であって、

20

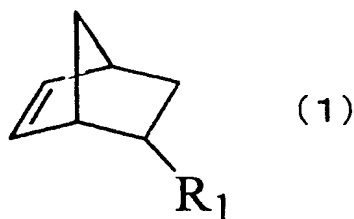
前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

(3) 前記ノルボルネン系樹脂骨格は、実質的にノルボルナン構造が連続して重合しているものである第(1)項または第(2)項に記載の光導波路の製造方法。

(4) 前記ノルボルネン系樹脂は、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な官能基を有する下記式(1)で表されるモノマーを含んで重合された重合体の側鎖にノルボルナジエン誘導体を反応させて得られるものである第(1)項ないし第(3)項のいずれか記載の光導波路の製造方法。

【化1】

30



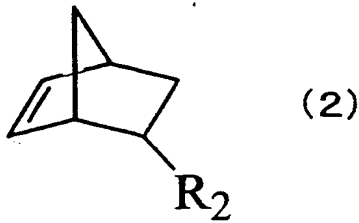
(式(1)中、 R_1 は、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な1価の官能基を示す。)

(5) 前記式(1)で表されるモノマーは、式(1)における R_1 として、エポキシ基またはヒドロキシル基で構成される1価の基を有するものであるモノマーの少なくとも1種である請求項4に記載の光導波路の製造方法。

40

(6) 前記重合体は、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な官能基を有する上記式(1)で表されるモノマーと下記式(2)で表されるモノマーとを重合して得られたものである第(4)項または第(5)項に記載の光導波路の製造方法。

【化 2】



(式(2)中、 R_2 は、ノルボルナジエン誘導体と反応しない1価の官能基を示す。)

10

(7) 前記ノルボルネン系樹脂のガラス転移温度は、 180°C 以上である第(1)項ないし第(6)項のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

(8) 前記ノルボルネン系樹脂の含有量は、前記樹脂組成物全体の $50\sim 99.5$ 重量%である第(1)項ないし第(7)項のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

(9) 前記樹脂膜のガラス転移温度は、 180°C 以上である第(1)項ないし第(8)項のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

(10) 前記樹脂膜の厚さは、 $5\sim 100\mu\text{m}$ である第(1)項ないし第(9)項のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

(11) 第(1)項ないし第(10)項のいずれかに記載の光導波路の製造方法によって得られることを特徴とする光導波路。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、従来の複雑な方法を用いることなく導波路を形成するコア層を形成することができるので、導波路作製プロセスの工数が少なく、生産性に優れた光導波路を製造することができ、しかも、光損失の小さい、耐熱性を有する光導波路を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の光導波路の製造方法について説明する。

本発明の光導波路の製造方法は、ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を照射して光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であって、前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエンを側鎖に有することを特徴とするものである。

30

また、本発明の光導波路の製造方法は、ノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜に光を所定のパターンに照射して、前記樹脂膜における樹脂構造を変化させ、前記照射部と未照射部との屈折率差を設けることにより光導波路を形成する工程を有する光導波路の製造方法であって、前記ノルボルネン系樹脂は、光の照射により構造変化するノルボルナジエンを側鎖に有することを特徴とするものである。

【0010】

以下、本発明の光導波路の製造方法について、好適な実施形態に基づいて説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

40

図1および図2は、本発明の光導波路の製造方法の一例を模式的に示す断面図である。

図1(c)は、基板1上にコア部21と、クラッド部22が形成されている樹脂膜2、図2(c)は、コア部21とクラッド部22とを有する樹脂膜2の両面に第1のクラッド層3および第2のクラッド層4を有する光導波路10を示す断面図である。

【0011】

本発明の光導波路の製造方法では、ステップA(図1)として樹脂膜2にコア部21とクラッド部22とを形成する。また、ステップB(図2)として光導波路10を製造する。

以下、各ステップについて説明する。

【0012】

50

ステップ A

ステップ A では、コア部 2 1 とクラッド部 2 2 とが形成された樹脂膜 2 を製造する（図 1 参照）。

まず、基板 1 の片面にノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物で構成される樹脂膜 2 を形成する（図 1（a））。これにより、光損失の少ない光導波路を得ることができる。

基板 1 としては、例えばシリコン基板、ステンレス基板、ポリエステル、ポリイミド等の樹脂で構成される樹脂フィルム等が挙げられる。

また、基板 1 は、その全部または一部が後述するようにクラッド層として作用する基板 1 でも良い。このような基板 1 としては、ガラス基板、酸化膜付シリコン基板、ノルボルネン系樹脂で構成される樹脂フィルム等が挙げられる。このような基板 1 を用いた場合、後述するクラッド層の一方を設けなくても良い。 10

【0013】

前記ノルボルネン系樹脂は、後述するように光で構造変化するノルボルナジエン構造またはそれを有する基が側鎖に結合していることを特徴とする。これにより、光により照射部の屈折率を変化させることができる。

前記ノルボルネン系樹脂として、主鎖を構成する重合体としては、ノルボルネンの付加重合体等が挙げられる。

【0014】

前記ノルボルネン系樹脂の重量平均分子量は、特に限定されないが、10,000～50,000 が好ましく、特に50,000～500,000 が好ましい。重量平均分子量が前記範囲内であると、特に樹脂膜 2 の強度に優れ、最終的に光導波路とした場合の機械特性に優れる。 20

【0015】

前記ノルボルネン系樹脂の含有量は、特に限定されないが、前記樹脂組成物全体の50～99.5重量%が好ましく、特に70～95重量%が好ましい。含有量が前記下限値未満であると光導波路の光損失を低減する効果が低下する場合があります、前記上限値を超えると長期信頼性が低下する場合がある。

【0016】

前記樹脂組成物には、本発明の目的を損なわない範囲で、酸化防止剤、消泡剤、レベリング剤、密着助剤、有機溶媒、難燃剤等の添加剤、モノフェノール系、ビスフェノール系、トリフェノール系、芳香族アミン系等のラジカルトラップ剤を含むことができる。 30

【0017】

樹脂膜 2 の厚さは、特に限定されないが、5～100 μm が好ましく、特に20～70 μm が好ましい。厚さが前記下限値未満であるとコア部 2 1 を形成するのが困難となる場合があり、前記上限値を超えると光が樹脂膜 2 の下部まで到達しない場合がある。

【0018】

樹脂膜 2 のガラス転移温度は、特に限定されないが、180℃以上が好ましく、特に200～350℃が好ましい。ガラス転移温度が前記下限値未満であると耐熱性を向上する効果が低下する場合があります、前記上限値を超えると樹脂膜 2 の可とう性が低下する場合がある。 40

【0019】

基板 1 上に樹脂膜 2 を形成する方法としては、例えばスピンコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アプリケーション法、カーテンコート法、ダイコート法等の方法が挙げられる。これらの中でもスピンコート法、テーブルコート法、ダイコート法を方法が好ましい。これにより、生産性良く樹脂膜を製造することができる。

具体的には、前記ノルボルネン系樹脂膜を含む樹脂組成物をトルエンキシレン、メシチレン、シクロヘキサン、テトラヒドロフラン等の溶剤に溶解して、光散乱を起こす不純物・パーティクルを濾過し、次に、その樹脂組成物を上述の方法で基板 1 上に塗布し、加熱、熱風、風乾、赤外線等の方法で乾燥させ、樹脂膜 2 を形成する方法が挙げられる。

また、基板 1 上に予め形成した前記ノルボルネン系樹脂で構成される未硬化の樹脂フィ 50

ルムをラミネート等の方法で接合して樹脂層 2 の形成しても良い。

【0020】

次に、樹脂膜 2 に所定のパターンを形成するようにマスキング 1 2 を行い、光 1 1 を照射する（図 1（b））。これにより、光 1 1 が照射された部分にクラッド部 2 2 を形成することができる。

光 1 1 の照射により樹脂膜 2 にクラッド部 2 2 が形成される理由は、以下の通りである。

前記ノルボルネン系樹脂は、前述したように光で構造変化するノルボルナジエンを有している。そのため、樹脂膜 2 の光 1 1 を照射した部分のノルボルネン系樹脂の構造が変化し、屈折率の変化を生じることになる。そのため、光を照射した部分と未照射部分とに屈折率の差を設けることができる。

10

【0021】

具体的に前記ノルボルネン系樹脂の構造変化で屈折率が変化する理由は、以下の通りである。

前記光の照射により、該照射部のノルボルネン系樹脂の側鎖に結合しているノルボルナジエン構造またはそれを有する基が、クワドリシクラン構造またはそれを有する基に変換される。この光異性化反応が生じたノルボルネン系樹脂は、電子密度分布の変化が起こり、前記光が照射された部分の屈折率が低くなり、光導波路のクラッド部 2 2 を形成することになり、未照射部はコア部 2 1 を形成することになる。

【0022】

20

前記光の照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有するノルボルネン系樹脂の合成方法としては、ノルボルナジエン誘導体と反応可能な官能基を側鎖に有するノルボルネンの付加重合体を合成し、次いで、この官能基を利用してノルボルナジエン誘導体を結合させる手法が好ましい。この場合において、前記官能基を側鎖に有するノルボルネンモノマー、例えば、上記式（1）で表されるノルボルネンモノマーを含む 2 種以上のノルボルネンモノマーを付加共重合させ、その共重合体の共重合比を調整することにより、ノルボルネン系樹脂内のノルボルナジエン含有率を調整することができる。ノルボルナジエン誘導体と反応可能な一価の官能基としては、少なくとも一つのエポキシ基もしくはヒドロキシル基、またはこれらの基のいずれかを有する基、またはそれらの基の一部もしくは全部の水素が置換基で置換されたものが好ましい。前記水素と置換される置換基としては、例えば、ブチル基、ヘキシル基等のアルキル基、フルオロ基等のハロゲン基、ヘキサフルオロ基等のハロゲン基を含むアルキル基、アルコキシシラン基、エーテル基などが挙げられる。

30

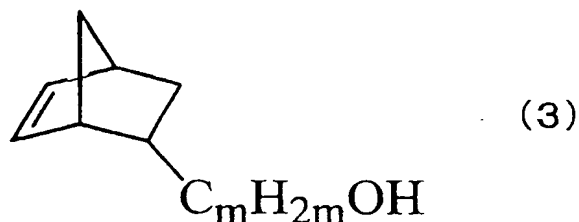
【0023】

前記ノルボルナジエン誘導体と反応可能な官能基を側鎖に有するモノマーとしては、上記式（1）で表されるノルボルネンモノマーの内、式（1）における R_1 として、エポキシ基またはヒドロキシル基で構成される 1 価の基を有するものであるモノマーが好ましく、更には下記式（3）～（4）で表されるモノマーが好ましい。これらのモノマーは、1 種又は 2 種以上を用いることができる。

【0024】

40

【化 3】

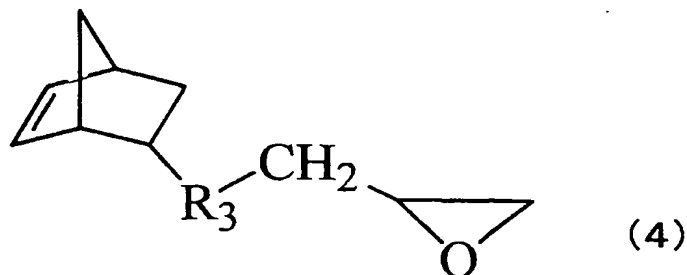


（式（3）中、 m は 0 ～ 10 までの整数を表す。）

50

【0025】

【化4】



10

(式(4)中、 R_3 は、2価の有機基を示す。)

【0026】

上記式(4)における R_3 としては、置換基を有していてもよい $-(CH_2)_n-$ で表されるアルキレン鎖、置換基を有していてもよい $-(CH_2)_n-O-$ などのエーテル結合を含有したアルキレン鎖が挙げられる。前記 n は0から10までの整数を表す。

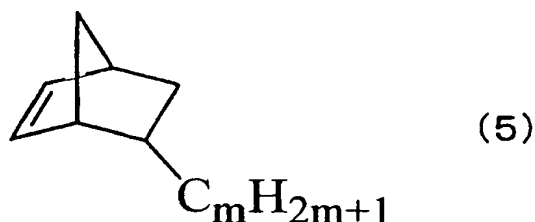
【0027】

前記光の照射により構造変化するノルボルナジエン誘導体と反応しうる官能基を有するノルボルネン系樹脂として、上記式(3)および/または(4)で表されるモノマーと上記式(2)で表されるモノマーとの共重合体が特に好ましい。式(2)における R_2 としてノルボルナジエン誘導体と反応しない1価の官能基の例としては、アルキル基、シクロアルキル基、アリール基などが挙げられる。式(2)で表されるモノマーとしては、下記式(5)が好ましい。式(5)で表されるモノマーを重合体中に含むことにより、耐熱性が向上し、クワドリシクラン構造からノルボルナジエン構造への構造変化を抑え、長期安定性を向上することができる。

20

【0028】

【化5】



30

(式(5)中、 m は0～10までの整数を示す。)

【0029】

前記ノルボルナジエン誘導体としては、3-フェニル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、3-フェノキシ-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、3-ベンゾイル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、5-ナフチル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、5-ナフトキシ-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、5-ナフトイル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、5-ナフチル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸、もしくはその酸ハロゲン化物、そのエステル、その金属塩、アンモニウム塩等が挙げられる。

40

【0030】

前記ノルボルネン系樹脂のガラス転移温度は、特に限定されないが、180℃以上が好ましく、特に200～350℃が好ましい。ガラス転移温度が前記下限値未満であると耐熱性が低下しハンダリフロー工程でパターンが破壊される場合や熱によりクワドリシクラ

50

ン構造からノルボルナジエン構造への構造変化が起こり、パターンが消失する場合がある。また、前記上限値を超えるとフレキシブル性がなくなる場合がある。

【0031】

前記ノルボルネン系樹脂骨格は、実質的にノルボルナン構造が連続している重合しているもの（ノルボルネンの付加重合体）が好ましい。これにより、耐熱性（特にガラス転移温度）を向上することができ、クワドリシクラン構造からノルボルナジエン構造への構造変化を防ぐことができる。

【0032】

ノルボルナジエン構造からクワドリシクラン構造への構造変化をもたらす光の照射波長は、250nm～400nmの波長領域が好ましい。250nm以下の波長では、樹脂膜の変色をもたらす場合があり、400nm以上の波長では、光異性化反応を起こすにはエネルギー的に不十分である。

【0033】

光の照射部と、未照射部との屈折率の差は、特に限定されないが、0.3～5.0%が好ましく、特に0.8～2.0%が好ましい。屈折率の差が前記下限値未満であると光を伝達する効果が低下する場合があり、前記上限値を超える場合は、光学設計上、問題が生じる場合もある。

前記屈折率差とは、前記照射部の屈折率[A]、未照射部の屈折率[B]としたときに下記の式で求めることができる。

$$\text{屈折率差}(\%) = (A/B - 1) \times 100$$

【0034】

以上のようにして樹脂膜2にコア部21とクラッド部22とを形成することができる（図1(c)）。

コア部21の幅は、特に限定されないが、5～100μmが好ましく、特に20～70μmが好ましい。また、光学特性・光学設計上、光導波路のコア幅とコア高さが同じになるように設計することがより望ましい。

【0035】

ステップB

ステップBでは、コア部21とクラッド部22とを有する樹脂膜2の両面に第1のクラッド層3および第2のクラッド層4を有する光導波路10を製造する。

まず、基板1上に形成されたコア部21とクラッド部22とを有する樹脂膜2を基板1から剝離する（図2(a)）。

次に、第1のクラッド層3および第2のクラッド層4を樹脂膜2に接合する。

【0036】

第1のクラッド層3の厚さと、第2のクラッド層4の厚さとは、異なっても良いが、同じであることが好ましい。これにより、光導波路の生産性を向上することができる。また、光導波路の反りの発生を低減することもできる。

第1のクラッド層3の厚さは、特に限定されないが、5～500μmが好ましく、特に50～200μmが好ましい。厚さが前記範囲内であると、光の閉じ込め効果、フィルムのフレキシブル性に特に優れる。

【0037】

第2のクラッド層4の厚さは、特に限定されないが、5～500μmが好ましく、特に50～200μmが好ましい。厚さが前記範囲内であると、光の閉じ込め効果、フィルムのフレキシブル性に特に優れる。

【0038】

第1のクラッド層3の屈折率は、前記コア部21との屈折率より低いければ特に限定されない。具体的には、第1のクラッド層3の屈折率と前記コア部21の屈折率との差は、0.3～10%が好ましく、特に0.8～5%が好ましい。屈折率の差が前記範囲内であると、コア部21とクラッド部22の屈折率差と同等になり光学設計の面で優れる。

【0039】

10

20

30

40

50

第2のクラッド層4の屈折率は、前記コア部21との屈折率より低いければ特に限定されない。具体的には、第2のクラッド層4の屈折率と前記コア部21の屈折率との差は、0.3～10%が好ましく、特に0.8～5%が好ましい。屈折率の差が前記範囲内であると、コア部21とクラッド部22の屈折率差と同等になり光学設計が容易になる。

【0040】

第1のクラッド層3の屈折率と、第2のクラッド層4との屈折率とは、異なっても良いが、同じであることが好ましい。これにより、光学設計が容易になる。

【0041】

第1のクラッド層3を構成する材料としては、例えばノルボルネン系樹脂、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等が挙げられる。これらの中でもノルボルネン系樹脂が好ましい。これにより、耐熱性、透明性、フレキシブル性を向上することができる。 10

【0042】

前記第1のクラッド層に用いるノルボルネン系樹脂としては、ノルボルネンの付加重合体（単独付加重合体）が好ましい。これにより、耐熱性を向上することができる。

【0043】

第2のクラッド層4を構成する材料としては、例えばノルボルネン系樹脂、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等が挙げられる。これらの中でもノルボルネン系樹脂が好ましい。これにより、耐熱性、透明性、フレキシブル性を向上することができる。

【0044】

前記第2のクラッド層に用いるノルボルネン系樹脂としては、ノルボルネンの付加重合体（単独付加重合体）が好ましい。これにより、耐熱性を向上することができる。 20

【0045】

第1のクラッド層3および第2のクラッド層4を、樹脂膜2に形成する方法としては、例えばスピンコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アプリケーション法、カーテンコート法、ダイコート法等の方法が挙げられる。これらの中でもテーブルコート法、ダイコート法を方法が好ましい。これにより、生産性良く樹脂膜を製造することができる。

また、第1のクラッド層3および第2のクラッド層4を予め未硬化の樹脂フィルムとし、それをラミネート等の方法で接合して樹脂膜2に接合しても良い。

【0046】

なお、本実施の形態のステップBでは、基板1を剥離して使用する場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば基板1の全部または一部が前述したようにクラッド層として作用できる基板1を用いた場合、樹脂膜2の片面（基板1と反対側面）のみにクラッド層を形成すれば良い。 30

【0047】

（実施例）

以下、本発明を実施例および比較例に基づいて詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【実施例1】

【0048】

1. 樹脂の調整例

光照射により構造変化するノルボルナジエン構造を有するノルボルネン系樹脂として、側鎖に3-グリシジルオキシメチル基を有するノルボルネンと、側鎖を有しないノルボルネンとの付加重合ホモポリマーと3-フェニル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸とを反応させ、メタノール中に注いで反応生成物を沈殿させて分離・乾燥することにより、ノルボルネン系樹脂（ガラス転移温度（T_g）300℃、重量平均分子量70,000）を得た。

【0049】

2. 樹脂膜の製造

上記の方法で得られたノルボルネン系樹脂96.00重量%と、酸化防止剤としてIR 50

GANOX 1076 (チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製) 3.00重量%とIRGAFOS 168 (チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製) 1.00重量%とをメシチレンに溶解し、ガラス基板上にバーコーター法で塗布し、80℃、1時間乾燥し、厚さ50μmの樹脂膜を得た。

【0050】

3. 光の照射

上記樹脂膜を幅50μmの直線パターンを有するフォトマスクで覆い、高圧水銀ランプを用いて、該樹脂膜に紫外線を照射し、照射部がクラッド部、未照射部がコア部となる樹脂膜を得た。

【0051】

10

4. 光導波路の製造

上述の樹脂膜の両上下面に、側鎖にブチル基を有するノルボルネンと、側鎖にトリエトキシシリル基を有するノルボルネンとの付加重合ホモポリマー (ガラス転移温度 (T_g) 280℃、重量平均分子量100,000) で構成される厚さ50μmのクラッド層を形成して光導波路を得た。なお、クラッド層の形成は、バーコーターの方法で行った。

【実施例2】

【0052】

光照射により構造変化するノルボルナジエンを有するノルボルネン系樹脂として以下のものを用いた以外は、実施例1と同様にした。

ノルボルナジエン構造の側鎖を有するノルボルネン系樹脂として、側鎖に1, 1, 1, 3, 3, 3-ヘキサフルオロ-2-ヒドロキシーイソプロピル基を有するノルボルネンと側鎖にヘキシル基を有するノルボルネンの付加重合ホモポリマーを合成し、3-フェニル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸とを反応させ、反応液をメタノール中に注いで反応生成物を沈殿させて分離・乾燥することにより得られたノルボルネン系樹脂 (T_g 280℃、重量平均分子量300,000) を用いた。

20

【実施例3】

【0053】

光照射により構造変化するノルボルナジエンを有するノルボルネン系樹脂として以下のものを用いた以外は、実施例1と同様にした。

ノルボルナジエン構造の側鎖を有するノルボルネン系樹脂として、側鎖に1, 1, 1, 3, 3, 3-ヘキサフルオロ-2-ヒドロキシーイソプロピル基を有するノルボルネンと側鎖を有しないノルボルネンの付加重合ホモポリマーを合成し、3-フェニル-2, 5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸とを反応させ、反応液をメタノール中に注いで反応生成物を沈殿させて分離・乾燥することにより得られたノルボルネン系樹脂 (T_g 310℃、重量平均分子量300,000) を用いた。

30

【実施例4】

【0054】

樹脂膜の厚さを150μmにした以外は、実施例1と同様にした。

【実施例5】

【0055】

40

樹脂膜の厚さを18μmにした以外は、実施例1と同様にした。

【実施例6】

【0056】

基板かつクラッド層として作用する以下のものを用い、クラッド層の形成を以下のようにした以外は実施例1と同様にした。

基板としてガラス基板上に、側鎖にヘキシル基を有するノルボルネン樹脂 (単独付加重合体) (T_g 250℃、重量平均分子量300,000) が厚さ50μmで予め形成されているものを用いた。

また、光導波路の製造にあたっては、樹脂膜の基板と反対側面のみに側鎖にヘキシル基を有するノルボルネン樹脂 (単独付加重合体) (T_g 250℃、重量平均分子量300,

50

000)で構成される厚さ50 μ mのクラッド層を形成した。

【実施例7】

【0057】

クラッド層を構成する樹脂として以下のものを用いた以外は、実施例1と同様にした。
ノルボルネン系樹脂としてアートン（開環重合体、JSR社製、Tg150℃）を用いた。

【実施例8】

【0058】

クラッド層を構成する樹脂として以下のものを用いた以外は、実施例1と同様にした。
ノルボルネン系樹脂に変えて、エポキシ樹脂（OPTO-CAST3553-HM Electronic Materials Incorporated社製）を用いた。
0.2 μ mのフィルターで濾過した後、基板に塗布し、65℃で2時間オープンに入れ、熱硬化させた。得られた膜厚は50 μ mであった。

【0059】

（比較例1）

光照射により構造変化する樹脂膜として、グリシジルメタクリレートとメチルメタクリレートよりなる単量体混合物を常法に従って共重合させることにより、共重合体を得た。次いで、得られた共重合体と3-フェニル-2,5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸とを反応させ、得られた反応溶液をメタノール中に注いで反応生成物を沈殿させて分離・乾燥することにより、ノルボルナジエン含有重合体を得た。得られた重合体をクロロホルムに溶解し、この溶液を石英基板上にバーコーター法によって塗布し、常温で真空乾燥させることにより、薄膜を形成した。薄膜をマスキング処理した後、高圧水銀ランプおよび紫外線フィルターを用いて紫外線照射し、照射部がクラッド、未照射部がコアよりなる光導波路を得た。上述の樹脂膜の両上下面にも、ポリメタクリレートからなる樹脂膜で構成される厚さ50 μ mのクラッド層を形成した。なお、クラッド層の形成にはバーコーター方法で行った。

【0060】

（比較例2）

基板としてクラッド層として作用する以下のものを用い、クラッド層の形成を以下のようにした。基板として、ガラス基板上に側鎖にブチル基を有するノルボルネンと、側鎖にトリエトキシシリル基を有するノルボルネンとの付加重合ホモポリマー（ガラス転移温度（Tg）280℃、重量平均分子量100,000）が厚さ50 μ mで予め形成されているものを用いた。

上記基板上に側鎖にヘキシル基を有するノルボルネン樹脂（単独付加重合体）（Tg250℃、重量平均分子量300,000）で構成される厚さ50 μ mのコア層をバーコーター法にて形成した。前記コア層上に膜厚0.3 μ mのアルミニウム層を蒸着し、マスク層を形成した。さらに、前記アルミニウム層上にポジ型フォトレジスト（ジアゾナフトキノン-ノボラック樹脂系、東京応化製、OFPR-800）をスピンコート法により塗布した後約95℃でプリベークを行った。次に、パターン形成用のフォトマスク（Ti）を配置し、超高圧水銀ランプを用いて紫外線を照射した後、ポジ型レジスト用現像液（TM AH：テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液、東京応化製、商品名NMD-3）を用いて現像した。その後、135℃でポストベークを行った。これにより線幅8 μ mを有する直線状のレジストパターンが得られた。次に、アルミニウム層のウエットエッチングを行い、レジストパターンをアルミニウム層に転写した。更に、パターンニングされたアルミニウム層をマスクとして、コア層をドライエッチングにより加工した。次に、アルミニウム層をエッチング液で除去した。その上から、上部クラッド層として、下部クラッド層と同様の側鎖にブチル基を有するノルボルネンと、側鎖にトリエトキシシリル基を有するノルボルネンとの付加重合ホモポリマー（Tg280℃、重量平均分子量100,000）を用い、厚さ50 μ mで形成して光導波路を得た。

【0061】

各実施例および比較例で得られた樹脂膜および光導波路について、以下の評価を行った。評価項目を、評価方法と共に示す。得られた結果を表 1 に示す。

1. 光導波路のガラス転移温度 (T_g)

光導波路の T_g は、TMA (セイコーインスツルメント社製 TMA/SS120C) を用いて引張りモード (昇温速度 5℃/分) で評価した。

【0062】

2. コア部とクラッド部との屈折率差

コア部とクラッド部との屈折率を、プリズムカップリング法 (メトリコン社製モデル 2010 プリズムカプラー) で評価した。各々の屈折率から以下の式に基づいて屈折率差を評価した。

10

$$\text{屈折率差 (\%)} = (\text{コア部の屈折率} / \text{クラッド部の屈折率} - 1) \times 100$$

【0063】

3. 光導波路の機械強度

光導波路の機械強度は、引張強度を JIS-K7127 に準じて評価した。

【0064】

4. 光導波路の可とう性

光導波路の可とう性は、引張伸度を JIS-K7127 に準じて評価した。

【0065】

5. 光導波路の透明性

光導波路の透明性を、紫外・可視・赤外分光光度計 (島津社製 UV-3100) を用い、透過率を測定し、評価した。

20

【0066】

6. 光導波路の光損失

光損失は、一個の光導波路を切断することにより長さを変えて測定する方法、いわゆるカットバック法で評価した。前記方法を具体的に説明すると、1 個のある長さの光導波路の両端に光ファイバーを接合し、その一方から光を挿入する。その時の伝送光量を測定し、さらに光導波路を切断して長さを短縮し、再び伝送光量を測定する。切断前後の長さを L₁、L₂ [cm]、伝送光量を P₁、P₂ とすれば、光損失は $\alpha = |10 \log (P_1 / P_2) / (L_1 - L_2)|$ [dB/cm] と表される。実際には複数回の切断を行い、log P 対 L のグラフの傾きから光損失 α を求めた。

30

【0067】

7. 光導波路の生産性

生産性は、比較例 2 で得られた光導波路の生産工数を基準 (100) として、各実施例および比較例の生産工数を評価した。

【0068】

【表 1】

表 1

	単位	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7
ガラス転移温度	℃	300	278	308	301	297	280	145
強度	MPa	48	45	52	46	44	49	73
可とう性 (伸度)	%	15	17	16	17	19	17	16
透明性	nm(立上り波長)	260	240	250	270	240	250	300
光損失	dB/cm	0.10	0.12	0.16	0.14	0.15	0.13	0.26
生産性	—	20	20	20	20	20	20	20

	単位	実施例 8	比較例 1	比較例 2
ガラス転移温度	℃	125	100	281
強度	MPa	80	60	45
可とう性 (伸度)	%	14	10	16
透明性	nm(立上り波長)	310	370	280
光損失	dB/cm	0.34	1	0.54
生産性	—	20	60	100

【0069】

表 1 から明らかなように実施例 1 ～ 8 は、生産性に優れ、かつ光損失も低かった。また、実施例 1 ～ 8 は、強度、可とう性、透明性に優れていた。また、実施例 1 ～ 6 は、ガラス転移温度も高く、耐熱性にも優れていることが示された。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】図1は、本発明の光導波路の製造方法を示す断面図である。

【図2】図2は、本発明の光導波路の製造方法を示す断面図である。

【符号の説明】

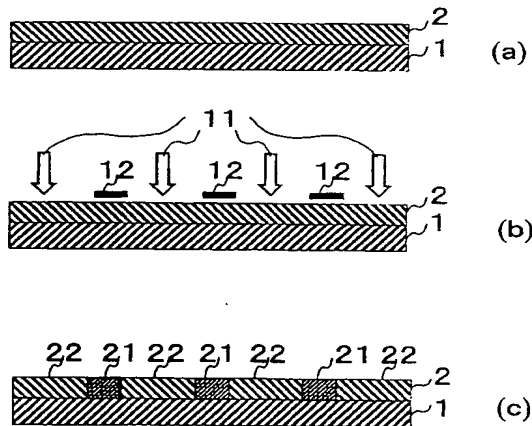
【0071】

- 1 基板
- 2 樹脂膜
- 21 コア部
- 22 クラッド部
- 3 第1のクラッド層
- 4 第2のクラッド層
- 10 光導波路
- 11 光
- 12 マスキング

10

【図1】

ステップA



【図2】

ステップB

